

*На правах рукописи*



**Шармагий Александр Константинович**

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ  
*CYDALIMA PERSPECTALIS* (WALKER, 1859) В КРЫМУ И ФАКТОРЫ,  
ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ЕЁ ЧИСЛЕННОСТЬ**

1.5.15. Экология (биологические науки)

4.1.3. Агрехимия, агропочвоведение, защита и карантин растений  
(биологические науки)

**Автореферат**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Ялта – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН»

**Научный руководитель:** **Плугатарь Юрий Владимирович**, доктор сельскохозяйственных наук, чл.-корр. РАН, директор ФГБУН «НБС-ННЦ»

**Официальные оппоненты:** **Карпун Наталья Николаевна**, доктор биологических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела защиты растений Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук»;

**Попов Игорь Борисович**, кандидат биологических наук, доцент, кафедры фитопатологии, энтомологии и защиты растений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»

**Ведущая организация:** Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Всероссийский национальный научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия «Магарач» РАН»

Защита диссертации состоится «11» ноября 2021 г. в 13:00 часов на заседании диссертационного совета 24.1.199.01 (Д 900.011.01) при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52, e-mail: dissovvet.nbs@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУН «НБС–ННЦ» по адресу: 298648, Российская Федерация, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита, спуск Никитский, 52, адрес сайта: <http://obr.nbgnsr.ru>

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
кандидат биологических наук

Корженевская Юлия Владиславовна

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Нарастающая интенсивность биологических инвазий, связанная с изменениями климата и активизацией международной торговли декоративными растениями в последние десятилетия, стала одной из острейших проблем во многих странах мира (Масляков, Ижевский, 2011; Liebhold et al., 2018). После сосудистых растений, насекомые относятся ко второй по величине группе инвазий (Canelles et al., 2021), ущерб от которой только для лесной промышленности в мире ежегодно достигает 70 миллиардов долларов (Bradshaw et al., 2016). При отсутствии естественных врагов (паразитоидов и хищников) и благоприятных климатических условиях региона инвазии, массовое размножение и стремительное распространение растительноядных насекомых может привести к дестабилизации фитосанитарной ситуации и представлять серьезную угрозу целостности региональных экосистем (Баранчиков и др., 2011; Рындин и др., 2015; Sweeney et al., 2020). Поэтому вопросы, касающиеся экспансии чужеродных видов насекомых, механизмов реализации их инвазии, основных экологических факторов и процессов, которые благоприятствуют или ограничивают продуктивность инвазионных видов, приобретают первостепенную важность.

Постоянно возрастающий особый интерес вызывают чужеродные виды дендрофильных насекомых из стран Восточной Азии в связи с их расселением по обширным территориям и высоким потенциалом вредоносности для древесных растений (Kirichenko, Augustin, Kenis, 2019). Одним из них является самшитовая огнёвка (*Cydalima perspectalis* Walker, 1859) – чужеродный полициклический олигофаг, специализирующийся на растениях рода самшит (*Buxus* L.).

Различные виды и формы самшита еще с античных времен широко используются в озеленении городов и парков, в декоративном садоводстве и ландшафтном дизайне регионов с теплым климатом. В Крыму история интродукции самшита началась с 1813 г., когда в Никитский ботанический сад (НБС) был интродуцирован *Buxus sempervirens* L., в 1817 г. – *B. balearica* L., а в 1905 г. – *B. microphylla* Siebold & Zucc. (Плугатарь и др., 2015). На данный момент в НБС культивируется три вида самшита и пять селекционных садовых форм. На территории Крымского полуострова самшит массово применяется для создания бордюрных посадок в парках, как в условиях Предгорного Крыма (Савушкина, Пашко, 2017), так и на Южном берегу. Однако массовое и повсеместное повреждение растений инвазионным вредителем *C. perspectalis* является острой экологической проблемой. Для контроля численности самшитовой огнёвки необходимо максимально полное и разностороннее познание особенностей биологии и закономерностей сезонного развития инвайдера. Несмотря на растущее число публикаций, в настоящее время особенности биологии и экологии в новых климатических условиях инвазионного ареала мало известны.

В виду отсутствия возможности применения инсектицидов на территории парков, с 2015 по 2020 гг. численность и вредоносность фитофага в Крыму значительно увеличилась, и самшит находится под угрозой уничтожения. Для организации рационального использования, содержания и сохранения зеленых насаждений, произрастающих на территории Республики Крым, уделяется серьезное внимание вопросам защиты растений от вредителей и болезней. В связи с этим, особое значение приобретает мониторинг состояния насаждений самшита и разработка экологически безопасных приемов и средств его защиты от *C. perspectalis*.

**Степень разработанности темы исследования.** Первое обнаружение самшитовой огнёвки на территории РФ относятся к 2012 г. Большая роль в изучении распространения, биологии и регулирования численности *C. perspectalis* принадлежит отечественным ученым: В.И. Щурову с коллегами (2013, 2014, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 гг.), Ю.И. Гниненко с коллегами (2014, 2016, 2017, 2018 гг.), Н.Н. Карпун с коллегами (2014, 2015, 2016, 2018, 2019 гг.), Н.В. Ширяевой (2014, 2015, 2018 гг.), Л.Н. Бугаевой (2015, 2016 гг.), А.Э. Нестеренковой с коллегами (2015, 2016, 2017, 2019 гг.), И.С. Агасьева с коллегами (2016, 2017, 2018 гг.), В.В. Добронососу (2016, 2017 гг.), А.Р. Бибину (2017, 2019 гг.).

По данным отечественных и зарубежных исследователей, в зависимости от климатических условий и широты, в инвазионном ареале вредитель завершает от двух до четырех поколений в год (Карпун, 2018; Щуров и др., 2020; Плугатарь, Шармагий, Балыкина, 2020; Nacambo et al., 2014). В Крыму вредитель официально зафиксирован в 2015 г. (Трикоз, Халилова, 2016; Будашкин, 2016; Стрюкова, 2016). В условиях Крыма, *C. perspectalis* является поливольтинным видом с зимовкой на стадии гусеницы II–III возраста (Трикоз, Халилова, 2016; Будашкин, 2016; Стрюкова, 2016). Фотопериодическая индукция облигатной диапаузы длительностью не менее 1,5 месяцев, происходит при снижении продолжительности дня ниже 13,5 ч (Nacambo et al., 2014; Poitou et al., 2020). Однако условия, при которых наблюдается окончание диапаузы, остаются неясными, что затрудняет прогнозирование сроков возобновления развития насекомых весной (Suppo, Bras, Robinet, 2020).

Несмотря на достаточно большое количество экспериментального материала и обобщений относительно проявления фенотипической пластичности температурных норм развития *C. perspectalis* в различных географических регионах (Карпун, 2018; Гниненко, Пономарев, Нестеренкова, 2018; Щуров, Замотайлов, Щурова, 2020; Maruyama, Shinkaji, 1987; Nacambo et al., 2014; Poitou et al., 2020; Suppo, Bras, Robinet, 2020; Canelles et al., 2021), сведения относительно прогноза стадий развития самшитовой огнёвки для быстрой разработки плана действий по борьбе с вредителем, недостаточны.

Для условий Крыма биология и приёмы регулирования численности вредителя требуют дальнейшего изучения. Поэтому выявление особенностей развития самшитовой огнёвки в разных районах обитания на Крымском полуострове представляется важным для дальнейшей разработки эффективных приёмов сдерживания численности фитофага и снижения его вредоносности.

**Цель исследования** – на основе комплексного подхода выявить биоэкологические особенности самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker в условиях Крыма и разработать схему контроля численности, а также прогнозирования сроков сезонного развития фитофага в парковых ценозах полуострова.

#### **Задачи исследования:**

1. изучить современное распространение самшитовой огневки в Крыму, установить круг повреждаемых видов растений и степень вредоносности фитофага;
2. исследовать биологические и экологические особенности развития самшитовой огневки в различных агроклиматических районах Крыма;
3. установить влияние экологических факторов на развитие и распространение самшитовой огневки в парковых ценозах Крыма;
4. выявить взаимосвязи между прохождением этапов жизненного цикла самшитовой огневки и абиотическими факторами;

5. проанализировать состав, численность естественных врагов и определить критерии устойчивости популяций самшитовой огневки при воздействии агентов биологического контроля;
6. разработать экологически обоснованную схему контроля численности фитофага.

**Научная новизна.** Впервые для условий Крымского региона детально исследована биология размножения и развития самшитовой огнёвки (установлено максимальное количество возрастов гусениц и определены их биометрические параметры, выявлен диапазон плодовитости самок, отмечено явление протерандрии, выявлен уровень полигамии самцов самшитовой огнёвки, установлена факультативная диапауза продолжительностью более полугода).

Изучена фенология вида в двух агроклиматических районах Крыма (Центральном предгорном и Западном южнобережном субтропическом). В течение вегетационного сезона в парковых ценозах Крыма выявлено практически постоянное присутствие вредящей фазы фитофага вследствие наложения друг на друга, как стадий развития, так и поколений. Важной сезонной адаптацией *C. perspectalis* к условиям Крыма является снижение термолабильности и ускорение развития всех стадий жизненного цикла второй летней генерации под влиянием фотопериода.

Для южных регионов России разработаны математические модели для прогноза сроков весеннего развития *C. perspectalis*. Точность прогноза составляет от 3–4 суток для активизации личинок после зимовки, до 9–10 суток – для лёта имаго и появления личинок первого летнего поколения с заблаговременностью один месяц.

Установлены трофические связи фитофага в квазиприродных условиях Крыма. Показано, что естественные враги на территории Крыма не способны сдерживать численность популяций фитофага. Определены критерии устойчивости гусениц разных возрастов и яиц *C. perspectalis* к биоинсектицидам, паразитоидам и хищникам.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Получены сведения об биоэкологических особенностях *C. perspectalis* в новой для вида части инвазионного ареала, имеющие общебиологическое значение в области фундаментальных исследований экспансии чужеродных видов насекомых, механизмов реализации их инвазии. Предложены методические подходы к определению возрастов гусениц, прогнозированию сроков сезонного развития и регуляции плотности фитофага, которые обеспечивают научную основу для решения многих прикладных задач в рамках анализа и прогноза сезонного развития и распространения насекомых, защиты растений, охраны окружающей среды. Установлено относительное постоянство сумм эффективных температур воздуха, необходимых для завершения развития второго летнего поколения *C. perspectalis* в условиях Крыма, что позволяет рассматривать их в качестве инструмента для определения сроков обработки гусениц зимующего поколения до нанесения ими значительных повреждений. Математические модели для прогноза сроков развития гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго перезимовавшего и появления гусениц первого летнего поколения являются полезным инструментом для улучшения борьбы с фитофагом, способствуют внедрению эффективных стратегий контроля численности, а также прогнозирования его развития в условиях изменения климата. Разработана экологически обоснованная схема регуляции плотности популяции фитофага в Крыму. Рекомендации автора представлялись в виде сигнализационных сообщений о вредителе и организации защитных мероприятий на объектах санаторно-курортного комплекса и озеленения.

**Методология и методы исследований.** Для проведения исследований использовались общепринятые методики зарубежных и отечественных ученых в области экологии, энтомологии, защиты растений, которые изложены в разделе «Методика исследований» соответствующей главы диссертации.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Поливольтинность, высокая плодовитость и экологическая пластичность повышают надежность синхронизации жизненного цикла с ритмом внешних условий, обеспечивают конкретные сезонные адаптации *C. perspectalis* к условиям среды обитания и являются основой инвазии в Крыму.
2. Экологические факторы, влияющие на развитие самшитовой огнёвки: температура и влажность; пищевая специализация; биологический метод борьбы (биоинсектициды и энтомофаги).
3. Схема регуляции численности и вредоносности популяции *C. perspectalis* в Крыму.

**Степень достоверности результатов исследований.** Большой объём проведенных полевых и лабораторных экспериментальных исследований, применение современных статистических методов обработки и анализа полученных данных обеспечивают достоверность результатов и обоснованность выводов. Статистическую обработку данных выполняли с использованием прикладной компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

**Публикации результатов исследований.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ: 5 статей в журналах, рекомендуемых ВАК РФ, из них одна входит в международную базу данных Scopus, 2 – в иных рецензируемых журналах и 3 в материалах научных конференций.

**Апробация результатов исследований.** Результаты исследований обсуждены на ежегодных заседаниях Учёного Совета ФГБНУ «НБС–ННЦ» в 2018–2021 гг., а также на международных научно–практических конференциях: «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России» (ФГБНУ «ВИЗР», Санкт-Петербург – Пушкин, 2018 г.); «Современные задачи и актуальные вопросы лесоведения, дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры» (ФГБУН «НБС–ННЦ», Ялта, 2018 г.); «Актуальные проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных и лесных культур» (ФГБУН «НБС–ННЦ», Ялта, 2020 г.); «Защита растений от вредных организмов» (ФГБОУ ВО КГАУ, Краснодар, 2021 г.).

**Личный вклад автора.** Автором обоснована программа исследований, выполнены обзор литературных источников, лабораторные и полевые опыты, статистическая обработка данных, обобщение и анализ результатов. Полевые и лабораторные работы проводились соискателем лично, в полном объёме. Разработка программы и подбор методов исследований выполнены при участии научного руководителя.

**Объём и структура диссертации.**

Диссертационная работа содержит введение, основную часть из 6 разделов, заключение, включающее выводы и практические рекомендации, список литературы из 262 наименований, в том числе 141 – иностранных авторов. Работа изложена на 208 страницах, содержит 47 рисунков, 35 таблицы, 5 приложений.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### РАЗДЕЛ 1 САМШИТОВАЯ ОГНЁВКА – ОПАСНЫЙ ИНВАЗИОННЫЙ ВРЕДИТЕЛЬ САМШИТА В МИРЕ (Аналитический обзор литературы)

В разделе рассмотрены таксономическое положение и распространение самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker, её биология, экология, трофические связи, естественные враги, сезонное развитие, а также мировой опыт и перспективы регулирования численности *C. perspectalis*.

### РАЗДЕЛ 2 УСЛОВИЯ, ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе приводятся природно-климатические характеристики районов проведения исследований, а также особенности погодных условий в годы исследований.

Объектом исследований является инвазионная популяция *Cydalima perspectalis* Walker (Lepidoptera, Crambidae): яйцекладки, личинки, куколки, имаго вредителя, а также особенности его биологии и экологии в климатических условиях Крыма.

Исследования проведены в 2018–2020 гг. на Южном берегу Крыма (ЮБК) в парковых насаждениях самшита НБС (г. Ялта, пгт. Никита), г. Алушка, пгт. Форос (Западный южнобережный субтропический агроклиматический район Крыма (Важов, 1977)) и в центральной части Предгорной зоны Крыма (г. Симферополь, пгт. Аграрное) (Центральный предгорный район Крыма (Опанасенко, Костенко, Евтушенко, 2015)).

**Мониторинг распространения и вредоносность самшитовой огнёвки на территории Крыма** определяли по общепринятым методикам, выявляя процент растений, поврежденных вредителем, (процент заселения), степень повреждения и коэффициент повреждения растений (Методики..., 2001). Проводились ежедекадные (с апреля по октябрь) обследования насаждений самшита на ЮБК и в Центральном предгорном районе. В зимне-весенний период учитывался зимующий запас популяции вредителя.

#### **Биология самшитовой огнёвки в агроклиматических районах Крыма**

Перезимовавших гусениц помещали в инсектарии, расположенные в квазиприродных условиях обоих природно-климатических районов. Сроки появления имаго, динамику лёта и количество генераций вредителя определяли одновременно в инсектариях и декоративных посадках самшита в парках. При этом использовали феромоны производства ФГБУ «Центр карантина растений» и АО «Щёлково Агрохим». Учёты проводили еженедельно.

При проведении фенологических исследований учитывали погодные условия согласно данным агрометеорологической станции Никитский сад Крымского УГМС, расположенной на ЮБК и метеостанции Симферополь, расположенной Центральном предгорном районе (Погода в 243 странах мира, <https://rp5.ru>).

Для подтверждения факта гибели яиц *C. perspectalis* при температурах, близких к верхнему температурному пределу развития самшитовой огнёвки в сочетании с низкой относительной влажностью воздуха, яйца вредителя помещали в климатическую камеру BINDER серии KBF.

Статистическую обработку данных выполняли с использованием прикладной компьютерной программы Microsoft Excel 2010.

#### **Биология развития самшитовой огнёвки в лабораторных условиях**

Опыт по определению количества возрастов и длительности каждого возраста личиночной фазы самшитовой огнёвки проводился на двух поколениях вредителя на *Vuxus sempervirens*. Ежедневно проводились наблюдения за развитием эмбрионов в

яйцекладках и фиксировались сроки отрождения гусениц. Отмечалась продолжительность каждого возраста гусеницы, и учитывалось общее количество возрастов до окукливания по числу головных капсул. Оценивались биометрические параметры каждого возраста гусеницы. По окончанию развития гусеницы определялся пол на стадии куколки. Замеры гусениц осуществляли с помощью программы Tour View 3.7., микроскопа Nikon SMZ745T и камеры Tourcam ucsmos5100кра. Результаты ежедневных учетов заносились в электронный журнал фиксации данных.

### ***Разработка моделей фенологии *C. perspectalis****

В работе использованы данные фенологических наблюдений за развитием стадий жизненного цикла поколений *C. perspectalis* в насаждениях Южных регионов России: в условиях сухих субтропиков (на Южном берегу Крыма (ЮБК) (Никитский ботанический сад (НБС), 2018–2021 гг.), предгорной лесостепи (Предгорная зона Крыма, г. Симферополь, 2018–2020 гг.), степи (Краснодарский край, г. Краснодар, 2020 г. (Щуров и др., 2020)) и влажных субтропиков (Краснодарский край, г. Сочи, 2014–2017 гг. (Карпун, 2018)).

Для изучения связей между темпами развития огневки и климатическими показателями были привлечены данные по среднесуточным температурам воздуха ближайших метеостанций, доступные из открытых источников (ВНИИГМИ-МЦД <http://meteo.ru/>; Погода в 243 странах мира <https://rp5.ru>).

При прогнозировании стадий развития самшитовой огнёвки (возобновления активности гусениц после зимней диапаузы, начала лёта имаго перезимовавшего поколения и появления гусениц первой генерации) были применены 7 версий температурно-временных моделей накопления тепловых единиц, отличающихся уровнем сложности и функцией реакции на сигналы внешней среды (температуры, фотопериода): GDD (4), GDDdoy (4), BC (5), BCdoy (5), SIGdoy (6), SIGFOTOdoy (7) и UNIdoy (8) (Olsson et al., 2017; Корсакова, Корсаков, Багрикова, 2020).

### ***Определение эффективности инсектицидов против гусениц самшитовой огнёвки***

Испытание эффективности инсектицидов проводилось в 2017–2019 гг. на территории НБС на *B. sempervirens*. Применялись инсектициды из различных классов по химическому составу и механизму действия: Децис Эксперт, КЭ (2 г/10 л воды); Димилин, СП (10 г/10 л воды); Конфидор, ВДГ (2 г/10 л воды); Сумитион, КЭ (20 мл/10 л воды). Каждый вариант опыта и контроль имели по четыре повторности.

Биологическую эффективность применяемых инсектицидов определяли в соответствии с общепринятыми методическими указаниями по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве (Методические указания..., 2009; Методические указания..., 2019). При отсутствии смертности в контроле биологическую эффективность инсектицидов вычисляли по формуле Аббота.

### ***Испытание эффективности биоинсектицидов против гусениц самшитовой огнёвки***

В 2019–2020 гг. испытывали биологические препараты в трёх нормах применения против гусениц разных возрастов: Лепидоцид, СК (БА-2000 ЕА/мг, титр не менее 10 млрд спор/г) (3; 5; 10 мл/л воды), Битоксибациллин, П (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20 млрд спор/г) (4; 6; 8 г/л воды), Фитоверм, КЭ (Аверсектин С 10 г/л) (0,4; 1,0; 1,5 мл /л воды). Каждый вариант опыта имел по четыре повторности и контроль. Каждая повторность включала по десять гусениц. В опыте использовано 1200 гусениц по 400 каждой возрастной группы. Обработки проводились в



питомнике на кустах самшита высотой от 50 до 70 см. Биологическая эффективность биоинсектицидов при отсутствии смертности в контроле вычислялась по формуле Аббота, при гибели гусениц в контроле по формуле Хендерсона-Тилтона.

Статистический анализ экспериментальных данных проведен методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985).

### ***Изучение эффективности энтомофагов против самшитовой огнёвки***

Уровень эффективности эктопаразита гусениц *Habrobracon hebetor* Say и паразита яиц чешуекрылых – совочную расу *Trihogamma* sp. определялся в лабораторных условиях. Для *H. hebetor* применили шесть вариантов соотношения паразит : хозяин. Эффективность *H. hebetor* учитывалась через 24 часа и на пятые сутки после выпуска. Листья самшита с яйцекладками огнёвки были распределены по шести чашкам Петри. В каждую чашку Петри помещалось по три листа самшита с тремя – пятью яйцекладками и 50 коконов трихограммы. В последующем велись наблюдения за возможным развитием паразитоидов с использованием микроскопа Nikon SMZ745T с камерой TOUPCAM USMOS05100KPA.

Опыт по изучению эффективности энтомофага – хищника *Podisus maculiventris* Say против гусениц самшитовой огнёвки проводился в полевых условиях, на опытном участке, площадь которого составила 10 м<sup>2</sup> было размещено 8 кустов *B. sempervirens*. На каждое растение самшита подсеяли по 10 гусениц *C. perspectalis* V – VI возраста. Выпуск *P. maculiventris* осуществлялся в утренние часы, из расчета 240 особей на опытный участок, соотношение хищник : жертва 3:1.

### ***Определение пищевой специализации самшитовой огнёвки***

Опыт по определению прожорливости самшитовой огнёвки на растениях рода *Vuxus* проводился в лабораторных условиях по общепринятой методике изучения особенностей питания насекомых (Кожанчиков, 1961) на трёх видах и одной садовой форме самшита: *Vuxus balearica*, *B. sempervirens*, *B. sempervirens* 'Elegans', *B. microphylla*. Варианты опыта включали по четыре повторности.

## **РАЗДЕЛ 3 РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВРЕДНОСТЬ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ**

Проникнувшая в 2015 г. в Крым *C. perspectalis* нанесла существенный урон насаждениям самшита на территории ЮБК, Симферополя и Восточного Крыма в Карадагском природном заповеднике (Трикоз, Халилова, 2016; Стрюкова, 2016; Будашкин, 2016). За шесть лет пребывания на полуострове, вредитель распространился по всем районам Крыма, где произрастают растения самшита.

Мониторинг состояния парковых насаждений самшита, проведенный в 2018–2020 гг. показал, что в обследованных парках ЮБК два вида самшита, *B. sempervirens* и *B. balearica* повреждались *C. perspectalis* неодинаково. Наиболее повреждаемым из исследованных видов самшита был *B. balearica* (Рисунок 1).

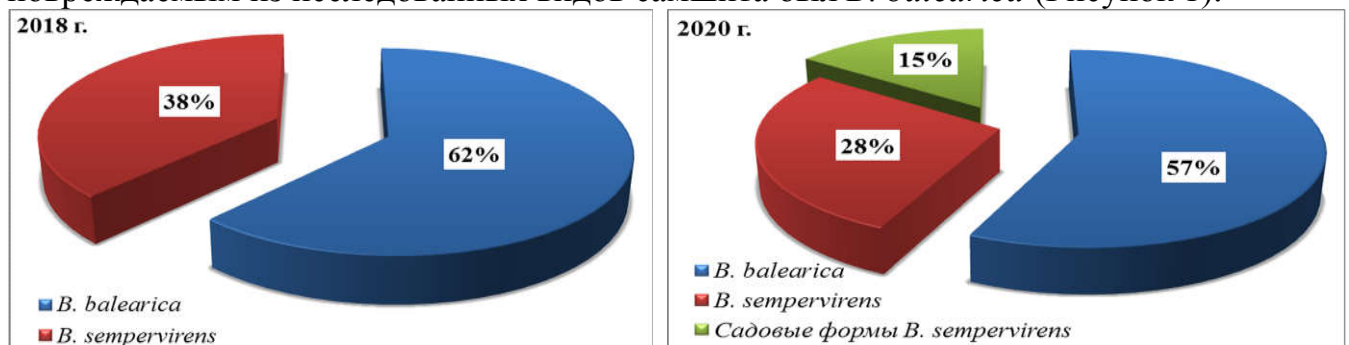


Рисунок 1 – Поврежденность растений *Vuxus* на ЮБК *Cydalima perspectalis*, 2018, 2020 гг.

## РАЗДЕЛ 4 БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ

### 4.1 Биология размножения и развития *Cydalima perspectalis*

В инсектариях, находящихся в квазиприродных условиях, нами установлено, что продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в среднем составила около двух недель, при этом отдельные особи жили около месяца. Несколько более высокая продолжительность жизни самцов обусловлена гибелью самок сразу после откладки яиц (Таблица 1).

После встречи полов *C. perspectalis* спаривание происходит в первые, вторые и даже на десятые сутки жизни. Откладка яиц начиналась на вторые сутки после спаривания. Длительность периода яйцекладки 5–6 суток. Максимальное количество яиц самки откладывали на третьи–пятые сутки. Судя по количеству сперматофоров у самок, спаривание происходило однократно. Самцы в течение жизни спаривались не более, чем с тремя самками, что свидетельствует о невысокой репродуктивной активности.

Таблица 1 – Продолжительность жизни имаго *Cydalima perspectalis* в квазиприродных условиях, Крым, 2019–2020 гг.

Продолжительность жизни имаго		Южный берег Крыма (НБС)			Центральное Предгорье (г. Симферополь)		
		Поколение			Поколение		
		G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
2019 г.							
Самцы	средняя	14±1,4	15,1±0,8	19,2±2,1	14±1,5	13,8±0,6	13±0,5
	максимальная	17	20	27	17	21	19
	минимальная	8	10	15	12	8	6
Самки	средняя	13,2±0,8	12,3±0,7	13,7±1,3	12,6±0,5	10,7±0,5	13,4±0,6
	максимальная	16	18	15	14	17	21
	минимальная	10	7	10	11	7	7
2020 г.							
Самцы	средняя	15,8±0,7	20,5±1,2	*	14,2±0,8	14,4±0,7	19,6±2,9
	максимальная	23	30	*	21	19	33
	минимальная	6	11	*	9	10	14
Самки	средняя	13,9±0,8	16,7±1	*	12,9±0,5	13,6±1,4	11,2±1,2
	максимальная	25	23	*	22	25	18
	минимальная	5	11	*	6	5	5

Примечания: G<sub>0</sub> – перезимовавшее поколение; G<sub>1</sub> – первое поколение; G<sub>2</sub> – второе поколение,  
\* – единичные экземпляры

При учёте плодовитости индивидуально, у каждой пары *C. perspectalis* установлена значительная вариабельность. Плодовитость самок варьировала от 126 до 582 яиц.

В 2019 г. при отсутствии дополнительного питания максимальная плодовитость наблюдалась у самок–меланистов. В 2020 г. при наличии дополнительного питания плодовитость типично окрашенных самок варьировала на ЮБК от 132 до 582 яиц в разных поколениях, а у самок–меланистов – от 286 до 577. В центральной части Предгорной зоны у типично окрашенных самок плодовитость составляла от 131 до 435 яиц, а у самок–меланистов – от 135 до 505 яиц (Таблица 2).

Соотношение полов меняется в разных поколениях в зависимости от условий кормовой базы (таблица 3). Суммарная доля самок–меланистов (самцов и самок) варьировала в разных поколениях, не зависимо от погодных условий (Таблица 3).

Таблица 2 – Плодовитость *Cydalima perspectalis* в квазиприродных условиях, Крым, 2019–2020 гг.

Фактическая плодовитость		Южный берег Крыма (НБС)			Центральное Предгорье (г. Симферополь)		
		Поколение			Поколение		
		G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
2019 г.							
Самки типично окрашенные	средняя	288±20,9	162,3±24,1	146±31,3	216,6±12,5	262,3±14,6	95,7±28,6
	минимальная	233	126	122	164	207	44
	Максимальная	365	208	208	263	354	241
Самки - меланисты	средняя	391±116,1	317*	274*	отсутствовали	341±40	110±68,1
	минимальная	165			отсутствовали	250	73
	максимальная	547			отсутствовали	444	242
Гибель эмбрионов,%			28,2	24,6		25,9	17,1
2020 г.							
Самки типично окрашенные	средняя	395,2±53,1	260,0±52,2	**	285,5±58,6	314,1±26,4	224,3±59
	минимальная	253	132	**	131	126	107
	максимальная	582	404	**	411	435	298
Самки - меланисты	средняя	431,5±145	368,0±29,2	отсутствовали	256,0*	317,0±106	320,5±53
	минимальная	(286)	287	отсутствовали	-	135	267
	максимальная	577*	422	отсутствовали	-	505	374
Гибель эмбрионов,%		-				14,1	

Примечания: G<sub>0</sub> – перезимовавшее поколение; G<sub>1</sub> – первое поколение; G<sub>2</sub> – второе поколение; \* – единичные самки меланисты; \*\* – единичные самки типичной окраски

Таблица 3 – Соотношение полов и изменчивость окраски *Cydalima perspectalis*, Крым, 2019–2020 гг.

Соотношение полов и доля меланистических особей	Южный берег Крыма (НБС)			Предгорная зона (г. Симферополь)		
	поколение			поколение		
	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>	G <sub>0</sub>	G <sub>1</sub>	G <sub>2</sub>
2019 г.						
Соотношение полов ♀ : ♂	1:3,4	1:1,1	1:1,3	1:1,2	1:0,5	1:1,5
Самцы-меланисты, %	13,3	18,1	17,5	0	0	29,5
Самки-меланисты, %	11,1	21,5	11,5	27,3	18,2	28,6
Меланисты, % от всей популяции	12,8	19,8	14,0	12,0	12,1	29,2
2020 г.						
Соотношение полов ♀ : ♂	1:0,7	1:1,5	*	1:0,7	1:1,2	1:6
Самцы-меланисты, %	28,3	8,3	*	22,2	23,5	0
Самки-меланисты, %	31,9	33,3	*	12,0	35,7	30,8
Меланисты, % от всей популяции	30,3	17,0	*	16,3	29,0	19,0

Условные обозначения: G<sub>0</sub> – перезимовавшее поколение; G<sub>1</sub> – первое поколение; G<sub>2</sub> – второе поколение. \*Численность имаго была минимальной

### **Развитие гусениц самшитовой огневки в лабораторных условиях**

Особенности развития гусениц самшитовой огневки изучали в лабораторных условиях в двух поколениях. Наблюдалась большая вариабельность в длительности развития гусениц и количестве возрастов. В обоих поколениях пребывание в фазе

гусеницы до окукливания при нахождении в одинаковых условиях варьировало от 18 до 29 суток. Выявлено до восьми возрастов гусениц. Гусеницы восьмого возраста обнаружены в единичном экземпляре в каждом из поколений. Для каждого возраста были определены биометрические параметры гусениц *C. perspectalis* (Рисунок 2).

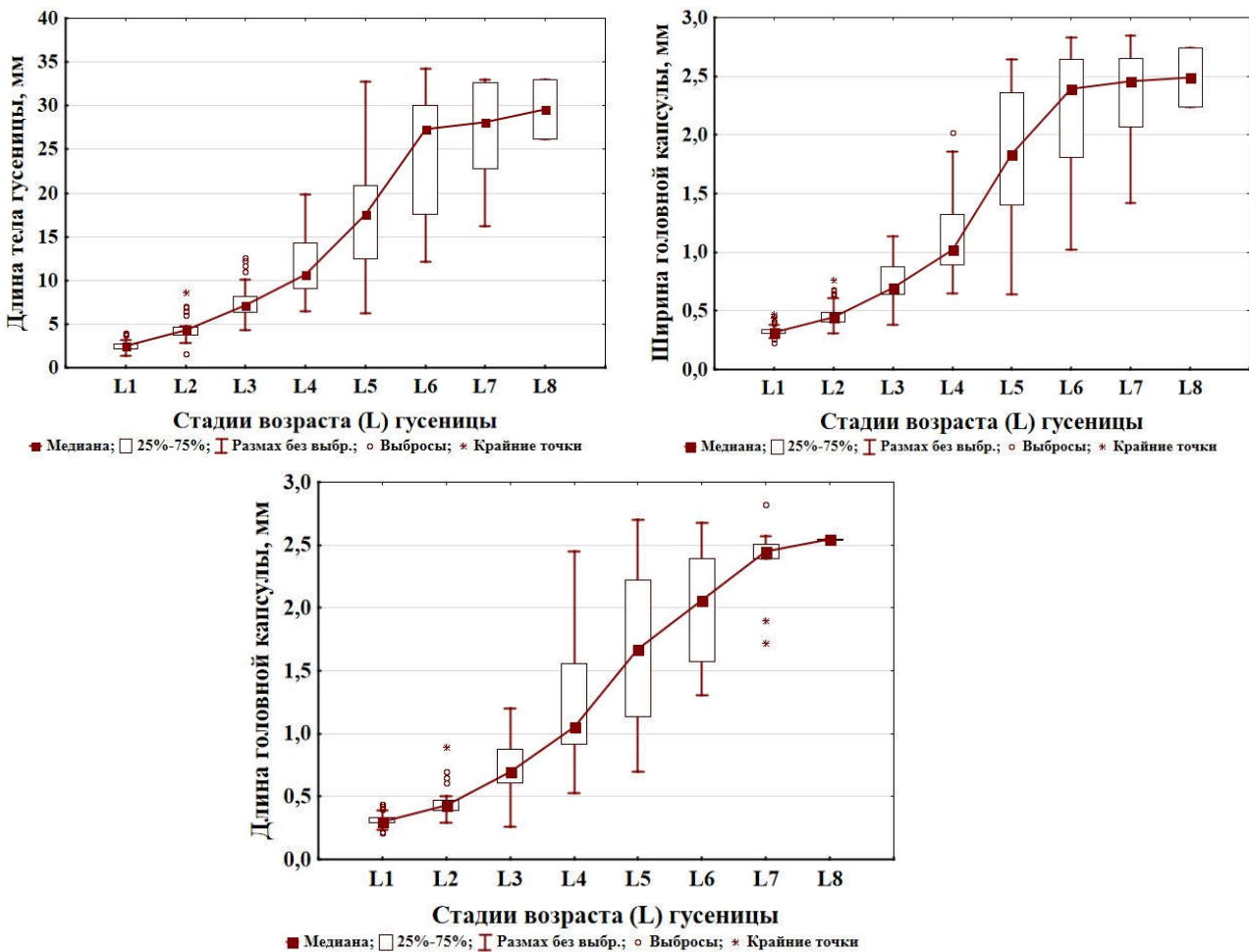


Рисунок 2 – Биометрические параметры гусениц *Cydalima perspectalis*: А – длина тела, Б – ширина головной капсулы; В – длина головной капсулы. 2020 г.

Выявлен большой разброс в пребывании гусениц на каждом возрасте, как в первом, так и во втором поколениях. Вместе с тем, большинство гусениц первого поколения на первом – четвертом возрастах, а во втором поколении – на первом – пятом возрастах развивались в течение двух – трёх суток (Рисунок 3).

Максимальный процент окукливания в обоих поколениях наблюдался на шестом возрасте (Рисунок 4), который оказался самым распространенным старшим возрастом у исследованных особей самшитовой огнёвки.

#### 4.2 Фенология *Cydalima perspectalis*

*C. perspectalis* – как на Южном берегу, так и в центральной части Предгорной зоны Крыма развивается в трёх поколениях за год. Зимуют гусеницы II – III возрастов. Выход гусениц из зимней диапаузы в Крыму происходит в начале первой декады апреля или, в отдельные годы, – в первой декаде марта в зависимости от погодных условий. В каждом поколении в условиях Крыма наблюдался уход гусениц в летнюю диапаузу.

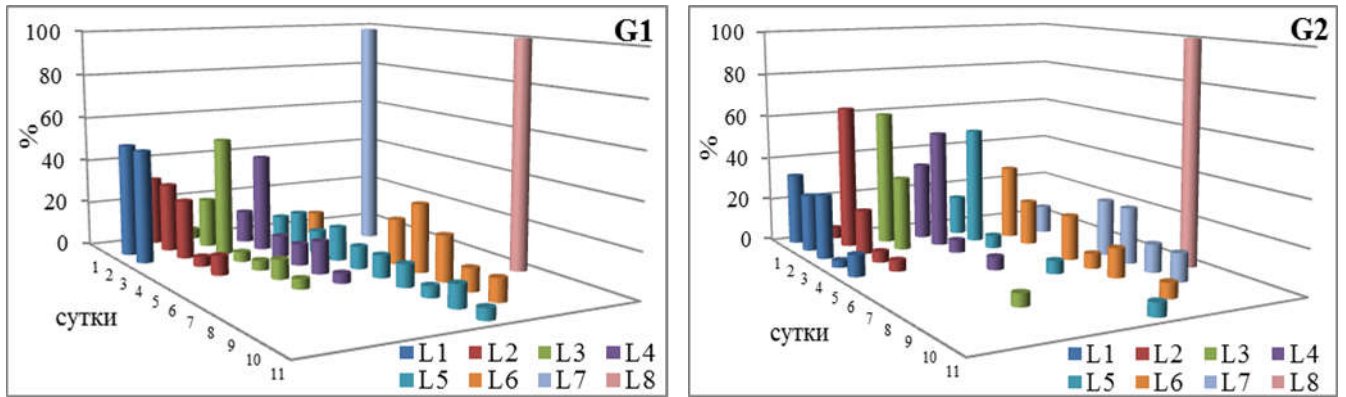


Рисунок 3. Длительность возрастов гусениц *Cydalima perspectalis* (сутки), по поколениям. Крым, 2020 г.

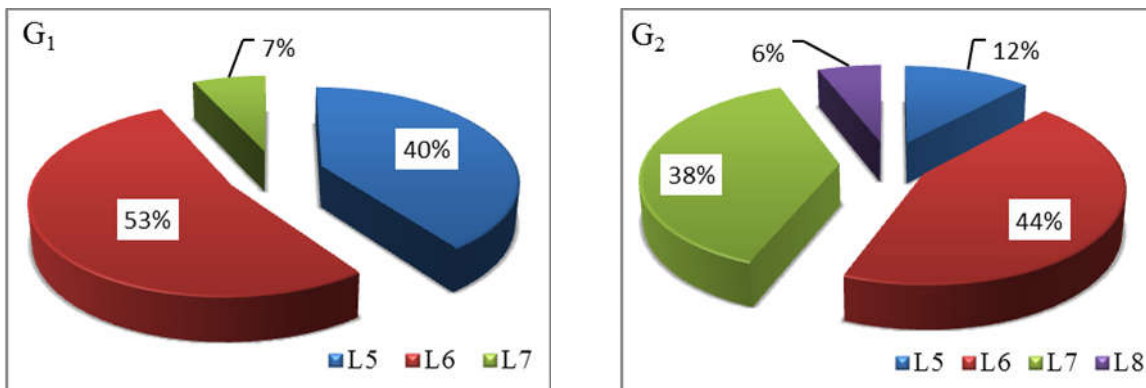


Рисунок 4 – Окукливание *Cydalima perspectalis* по возрастам. Крым. 2020 г.

## РАЗДЕЛ 5 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ

### 5.1 Влияние термических условий на сезонный лёт имаго

Зафиксированный в течение трёх лет температурный порог для гусениц самшитовой огнёвки в Крыму составил +9,5 °С.

На рисунке 5 и в таблице 4 отмечены суммы эффективных температур воздуха (СЭТ) в период лёта трех поколений ( $G_0$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ ) имаго *C. perspectalis* в Центральном предгорном районе (г. Симферополь) и на Южном берегу Крыма (НБС) в условиях сухих субтропиков.

Анализ прохождения стадий жизненного цикла и СЭТ показал, что вылет имаго самшитовой огнёвки в условиях Крыма растянут, а суммы эффективных температур, необходимые для развития поколений, по годам варьируют в широком диапазоне, что обусловлено асинхронностью развития гусениц *C. perspectalis*.

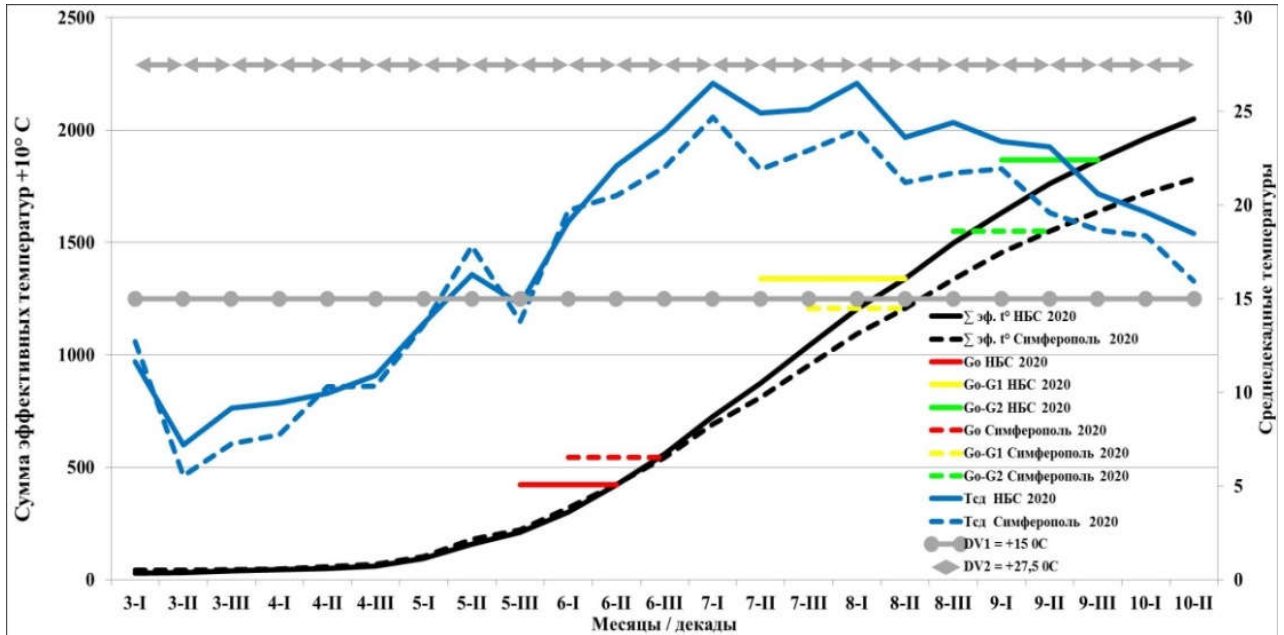
Таблица 4 – Суммы эффективных температур в период лёта поколений ( $G_0$ ,  $G_1$ ,  $G_2$ ) имаго *Cydalima perspectalis* в условиях Крыма

Годы	Место	Сумма эффективных температур выше 10 °С					
		$G_0$		$G_1$		$G_2$	
		Начало	Конец	Начало	Конец	Начало	Конец
2018	НБС-ННЦ	297	662	807	1432	1432	2015
	Симферополь	299	770	893	1317	1458	1737
2019	НБС-ННЦ	282	853	966	1593	1730	1942
	Симферополь	297	560	1060	1460	1649	1775
2020	НБС-ННЦ	210	725	873	1340	1631	1868
	Симферополь	222	545	811	1206	1335	1550

В 2018–2020гг. в НБС среднесуточная температура воздуха ( $T_{ср}$ ) в июле –

августе в течение семи – десяти суток превышала верхний температурный оптимум развития ( $DV2 = 27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

В летний период более благоприятные для развития *C. perspectalis* термические условия складывались в центральной части Предгорного Крыма, чем на ЮБК.



Условные обозначения: Тср - среднесуточная температура; Тсд – среднедекадная температура; нижний (DV1) и верхний (DV2) температурные оптимумы

Рисунок 5 – Лет имаго *Cydalima perspectalis* и сезонная динамика СЭТ и Тсд, 2020 г.

Продолжительность лёта поколений показана на уровне СЭТ, соответствующей окончанию лёта

Выявлено влияние высоких температур в сочетании с низкой относительной влажностью воздуха на гибель яйцекладок вредителя, как в парковых насаждениях, так и в лабораторных условиях. Установлено, что температуры воздуха выше 33–36,1 °C в сочетании с относительной влажностью воздуха ниже 19–49 % приводят к гибели от 20 до 28,3 % эмбрионов в яйцекладках *C. perspectalis*, находящихся на ранней стадии эмбриогенеза (Шармагий, Корсакова, 2021).

### 5.2 Изменчивость продолжительности и термолабильности развития стадий онтогенеза в условиях Крыма

В результате проведенных исследований установлено, что температурный фактор и фотопериод являются определяющими для развития стадии личинки всех поколений самшитовой огнёвки в Крыму.

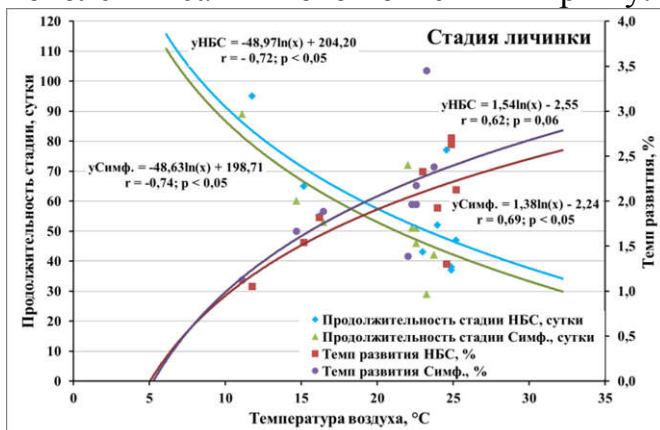


Рисунок 6 – Зависимость продолжительности и темпа развития гусениц *Cydalima perspectalis* от температуры воздуха в условиях Крыма

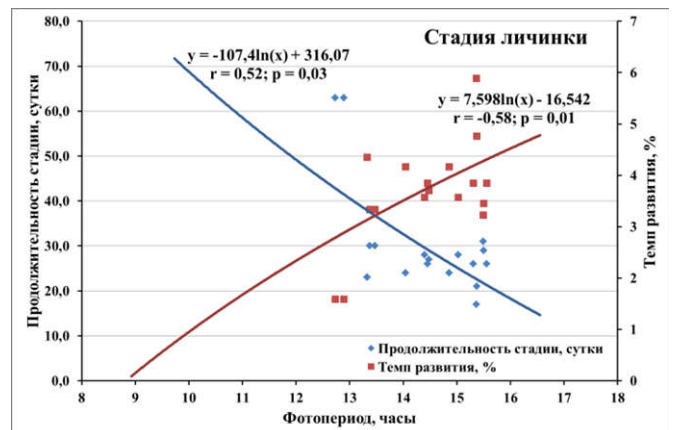


Рисунок 7 – Зависимость продолжительности и темпа развития гусениц *Cydalima perspectalis* от фотопериода в условиях Крыма

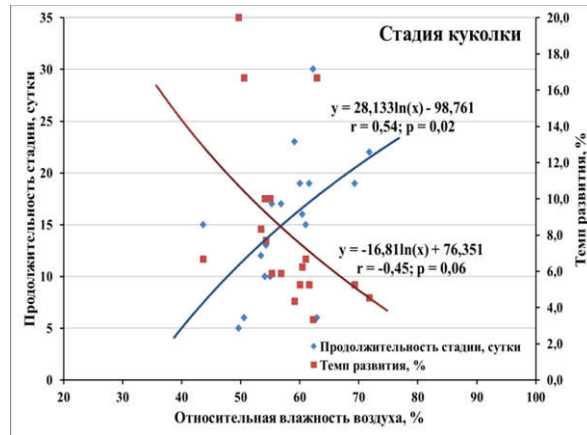


Рисунок 8 – Зависимость продолжительности и темпа развития куколки *Cydalima perspectalis* от относительной влажности воздуха в условиях Крыма

Установлено, что стадия куколки более чувствительна к колебаниям влажности воздуха, чем к температуре и фотопериоду. Термолабильность развития гусениц (т.е. коэффициент регрессии) на ЮБК была несколько выше, чем в Предгорном Крыму (Рисунок 6). Фотопериодический порог развития гусениц составил 8,8 часов (Рисунок 7). Наши расчеты также показали, что существует вероятность приостановки жизненных процессов у *C. perspectalis* на стадии куколки при снижении влажности воздуха до 33,5 % и ниже (Рисунок 8).

При идентичных температурных нормах развития гусениц перезимовавших поколений, для завершения жизненного цикла одной генерации в условиях Южного берега Крыма требовалась сумма эффективных температур воздуха на 80 °С выше, чем в Предгорном Крыму. Установлено относительное постоянство сумм эффективных температур воздуха, необходимых для завершения развития второго летнего поколения *C. perspectalis*. Для сопоставимости результатов исследований с имеющимися литературными данными предложено при расчетах сумм эффективных температур применять температурный порог 9,5 °С.

### 5.3 Построение математических моделей для прогнозирования сроков весеннего развития *Cydalima perspectalis* на юге России

Сравнение рассчитанных по моделям и наблюдаемых дат возобновления двигательной активности и питания личинок после перезимовки показало, что для прогнозирования сроков выхода из диапаузы гусениц *C. perspectalis* в южных регионах России лучшей моделью является модель BCdoy, показавшая большую точность прогноза, величину подгонки и меньшую величину смещения (Рисунок 9).

По совокупным результатам оценки качества установлено, что для прогноза начала лета имаго перезимовавшего поколения лучшей по всем показателям является модель BCdoy, объясняющая до 82 % переменной. Расчеты с применением этой модели показали наиболее точное (RMSE=9 суток) и эффективное (AICc=54,92) прогнозирование, а также наименьшую величину смещения между наблюдаемыми и прогнозируемыми значениями (Рисунок 10).

По результатам оценки качества моделей на основе четырех базовых критериев для прогнозирования появления гусениц *C. perspectalis* первого поколения предложены модели SIGFOTOdoy (Рисунок 11).

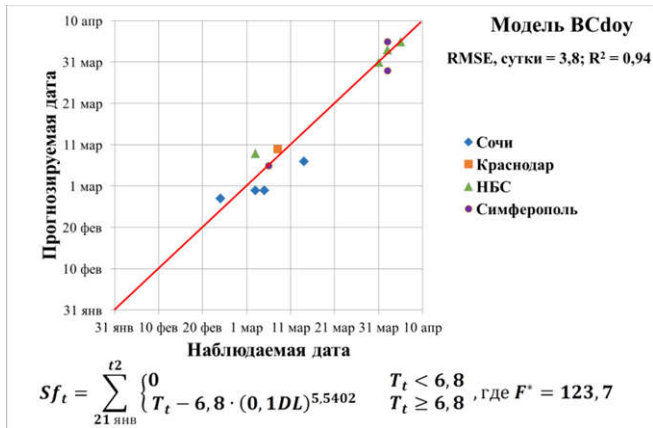


Рисунок 9 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели BCdoy даты возобновления активности гусениц *Cydalima perspectalis* после перезимовки в южных регионах России

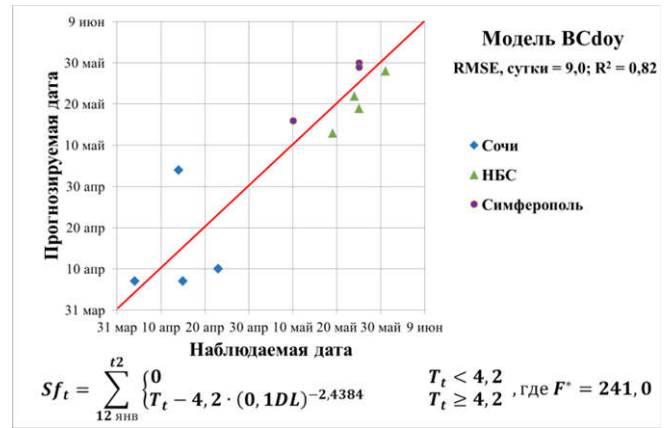


Рисунок 10 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели BCdoy даты начала лета имаго перезимовавшего поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

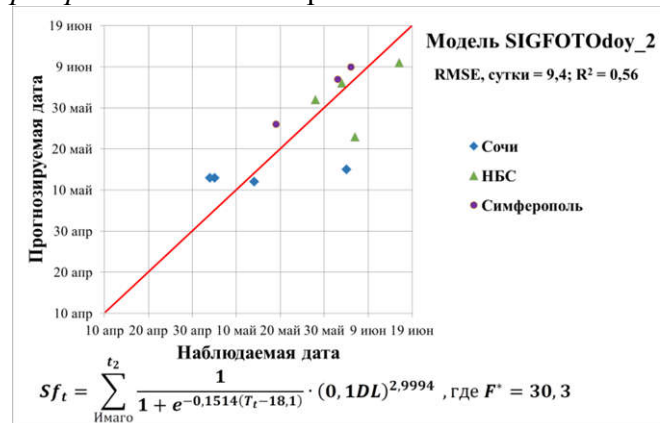
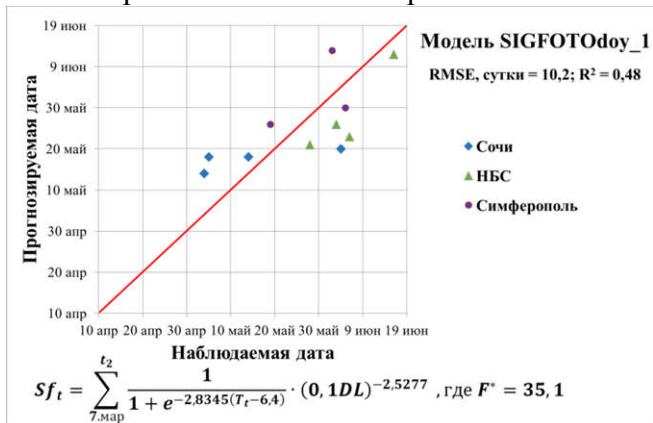


Рисунок 11 – Наблюдаемые и прогнозируемые по модели от параметризованного дня (SIGFOTOdoy\_1) и начала лета имаго (SIGFOTOdoy\_2) даты появления гусениц первого поколения *Cydalima perspectalis* в южных регионах России

Точность прогноза выхода гусениц из зимней диапаузы при расчетах по этим моделям составляет 3–4 суток, лёта имаго и появления гусениц первого поколения – 9–10 суток с заблаговременностью один месяц.

## 5.4 Биотические факторы

### 5.4.1 Пищевая специализация *Cydalima perspectalis*

В условиях Крыма *C. perspectalis* является олигофагом – питается только растениями рода *Buxus*. Мушмулу японскую (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.), бересклет японский (*Euonymus japonicus* Thunb.), лавровишню (*Prunus laurocerasus* L.), иглицу (*Ruscus aculeatus* L.), мураю (*Murraya* sp) *C. perspectalis* не повреждала.

Максимальное снижение массы самшита при питании гусениц *C. perspectalis* как младших, так и средних возрастов, наблюдалось на *B. balearica* (Таблица 5). На этом виде самшита также отмечена минимальная смертность гусениц. Зафиксирована высокая гибель гусениц младших возрастов на *B. sempervirens*, которая в конце пятидневного эксперимента составила 75 %, а на *B. microphylla* – 45 %. Невзирая на разницу в показателях смертности гусениц самшитовой огнёвки, вредитель наносил сходные повреждения растениям *B. sempervirens*, *B. microphylla* и *B. sempervirens* 'Elegans'.



Таблица 5 – Повреждаемость самшита гусеницами *Cydalima perspectalis*

Виды и садовые формы самшита	Гусеницы L <sub>1</sub> -L <sub>2</sub>		Гусеницы L <sub>2</sub> -L <sub>4</sub>		Гусеницы L <sub>1</sub> -L <sub>4</sub> суммарное снижение массы самшита, мг
	снижение массы самшита, мг	гибель гусениц, %	снижение массы самшита, мг	гибель гусениц, % от выживших	
<i>Buxus microphylla</i>	662,5	45,0	636,25	23,75	1298,75
<i>Buxus sempervirens</i> 'Elegans'	645,0	25,0	465,0	25,48	1110,0
<i>Buxus balearica</i>	1850,0	17,5	1475,0	10,63	3325,0
<i>Buxus sempervirens</i>	1182,5	75,0	665,0	12,5	1847,5
НСП <sub>05</sub>	581,4		625,7		935,6

### 5.4.2 Естественные враги

С 2018 по 2020 гг. при исследовании погибших гусениц и куколок самшитовой огнёвки в различных агроклиматических районах Крыма паразитоидов выявить не удалось. Аборигенные виды паразитоидов, очевидно, еще не успели приспособиться к самшитовой огнёвке. Из хищников обнаружен *Xysticus kochi* Thorell, 1872 (Araneae Thomisidae), который активно уничтожал гусениц *C. perspectalis* в условиях ЮБК. На нижних ярусах самшита гусеницами огнёвки питались *Scolopendra* sp. и хищные Tettigoniidae.

## 5.5 Антропоические факторы

### 5.5.1 Химический метод регулирования численности

Испытание эффективности инсектицидов против самшитовой огнёвки проводилось в 2017–2019 гг. на ЮБК на самшите вечнозеленом *B. sempervirens*. Обработки проводились в квазиприродных условиях против гусениц разных возрастов. По результатам трехлетних исследований установлена высокая биологическая эффективность фосфорорганического инсектицида Сумитион, КЭ (20 мл/10 л воды. При его применении гибель гусениц на третьи сутки составила 93,2 %, на пятые – 96,8 %. Остальные инсектициды оказались менее эффективны. При обработке Децис Эксперт, КЭ (2 г/10 л воды) гибель гусениц на третьи сутки составила – 73,7 %, а на пятые – 80,9 %, Конфидор Экстра, ВДГ (2 г/10 л воды), 66,5 % и 73,9 %, Димилин, СП (10 г/10 л воды) – 62,4 % и 74,4 % соответственно.

### 5.5.2 Биологический метод регулирования численности (биопрепараты, энтомофаги)

Первые и третьи сутки после обработок гусениц младших возрастов биоинсектицидами не наблюдалось существенных отличий в показателях биологической эффективности инсектицидов (Таблица 6). На пятые сутки БТБ (6–8 г/л воды) и Фитоверм (0,4–1,5 мл/л воды) продемонстрировали максимальную биологическую эффективность от 98,8 до 100 %. Биологическая эффективность на седьмые сутки для всех биоинсектицидов составила 100 %.

Против гусениц средних возрастов в первые сутки после обработки наиболее эффективными оказались максимальные нормы применения Лепидоцида и БТБ в сравнении с минимальной нормой применения этих же препаратов. На третьи и пятые сутки отмечалась высокая эффективность всех препаратов с различными нормами, существенных различий по вариантам не наблюдалось. На седьмые сутки для всех биоинсектицидов эффективность составила 100 % (Таблица 7).

При обработке гусениц старших возрастов на третьи сутки высокая биологическая эффективность отмечена для всех вариантов БТБ и Лепидоцида (97,3 – 100 %), что обусловлено, вероятно, пищевой активностью гусениц старших

возрастов. Биологическая эффективность Фитоверма была ниже (Таблица 8).

Таблица 6 – Биологическая эффективность биоинсектицидов против гусениц младших возрастов (L<sub>1</sub>–L<sub>2</sub>) *Cydalima perspectalis* в квазиприродных условиях, НБС, 2019 – 2020 гг.

Препарат, норма применения	Гибель гусениц, %, по суткам учетов				Биологическая эффективность, %, по суткам учетов			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Лепидоцид, 3 мл/л воды	79,0	90,0	96,0	100	78,5	89,4	95,3	100
Лепидоцид, 5 мл/л воды	84,0	89,0	92,5	100	83,6	88,3	91,2	100
Лепидоцид, 10 мл/л воды	87,5	96,0	96,0	100	87,18	95,7	95,3	100
БТБ, 4 г/л воды	76,0	90,0	97,5	100	75,4	89,4	97,1	100
БТБ, 6 г/л воды	90,0	99,0	100	-	89,7	98,9	100	-
БТБ, 8 г/л воды	81,0	99,0	99,0	100	80,5	98,9	98,8	100
Фитоверм, 0,4 мл/л воды	75,0	89,0	99,0	100	74,4	88,3	98,8	100
Фитоверм, 1мл/л воды	81,0	92,5	99,0	100	80,5	92,0	98,8	100
Фитоверм, 1,5 мл/л воды	90,0	96,0	99,0	100	89,7	95,7	98,8	100
Контроль	2,5	6,0	15,0	20,0				
НСР <sub>05</sub>					17,9	13,0	8,4	

Таблица 7 – Биологическая эффективность биоинсектицидов против гусениц средних возрастов (L<sub>3</sub>–L<sub>4</sub>) самшитовой огнёвки в квазиприродных условиях, НБС, 2019–2020 гг.

Препарат, норма применения	Гибель гусениц, %, по суткам учетов				Биологическая эффективность, %, по суткам учетов			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Лепидоцид, 3 мл/л воды	81,0	95,0	99,0	100	80,2	94,4	98,9	100
Лепидоцид, 5 мл/л воды	82,0	96,0	99	100	81,3	95,8	98,9	100
Лепидоцид, 10 мл/л воды	96,0	99,0	100	-	95,8	98,9	100	-
БТБ, 4 г/л воды	81,0	99,0	99,0	100	80,2	98,9	98,9	100
БТБ, 6 г/л воды	91,0	95,0	99,0	100	90,6	94,4	98,9	100
БТБ, 8 г/л воды	94,0	99,0	100	-	93,8	98,9	100	-
Фитоверм, 0,4 мл/л воды	86,0	94,00	96,0	100	85,4	93,7	95,6	100
Фитоверм, 1мл/л воды	90,0	94,0	95,0	100	89,6	93,7	94,4	100
Фитоверм, 1,5 мл/л воды	85,0	91,0	97,0	100	84,4	90,5	96,7	100
Контроль	4,0	5,0	10,0	12,0				
НСР <sub>05</sub>					13,5	9,1	7,6	

Таблица 8 – Биологическая эффективность биоинсектицидов в квазиприродных условиях против гусениц старших возрастов (L<sub>5</sub>–L<sub>6</sub>) самшитовой огнёвки. НБС, 2019–2020 гг.

Препарат, норма применения	Гибель гусениц, %, по суткам учетов				Биологическая эффективность, %, по суткам учетов			
	1	3	5	7	1	3	5	7
Лепидоцид, 3 мл/л воды	12,0	97,5	100	-	12,0	97,3	100	-
Лепидоцид, 5 мл/л воды	16,0	99,0	100	-	16,0	98,9	100	-
Лепидоцид, 10 мл/л воды	14,0	100	100	-	14,0	100	100	-
БТБ, 4 г/л воды	9,5	97,5	100	-	9,5	97,3	100	-
БТБ, 6 г/л воды	15,0	99,0	100	-	15,0	98,9	100	-
БТБ, 8 г/л воды	20,0	100	100	-	20,0	100	100	-
Фитоверм, 0,4 мл/л воды	4,0	96,0	97,5	99,0	4,0	95,7	97,3	98,9
Фитоверм, 1мл/л воды	12,5	97,5	97,5	97,5	12,5	97,3	97,3	97,3
Фитоверм, 1,5 мл/л воды	17,5	91,0	92,5	94,0	17,5	90,4	91,9	93,5
Контроль	0	6,0	7,5	7,5				
НСР <sub>05</sub>					14,4	6,5	5,0	4,6

## Эффективность энтомофагов (паразитоидов, хищников) против самшитовой огнёвки

При выпуске против гусениц старших возрастов самшитовой огнёвки эктопаразита *Habrobracon hebetor* при соотношении паразит : хозяин 1 : 1 в лабораторных условиях наблюдалась 100 % гибель гусениц самшитовой огнёвки. Гусеницы были парализованы, дальнейшее паразитирование *H. hebetor* на *C. perspectalis* не проходило. Применение трихограммы в отношении яйцекладок самшитовой огнёвки показало 90,6 % их гибели. Как и в случае с *H. hebetor*, дальнейшее развитие трихограммы в яйцах огнёвки не наблюдалось.

В полевом опыте была испытана эффективность хищного клопа *Podisus maculiventris* (Heteroptera, Pentatomidae) против гусениц *C. perspectalis*. При соотношении хищник : жертва 3:1 уже через сутки после выпуска имаго и нимф клопа гибель гусениц огневки составила 61,2 %, а на четвертые и пятые сутки 95,0 % и 97,5 %, соответственно.

## РАЗДЕЛ 6 СХЕМА РЕГУЛЯЦИИ ЧИСЛЕННОСТИ И ВРЕДНОСТИ ПОПУЛЯЦИИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ В КРЫМУ

На основании результатов феромонного мониторинга и трехлетних исследований биологических особенностей самшитовой огневки была разработана схема экологизированного контроля вредителя в Крыму (Таблица 9).

Таблица 9 – Экспериментальная схема защитных мероприятий насаждений самшита от *Cydalima perspectalis*. Крым. (2018–2020 гг.)

Срок проведения	Мероприятие	Нормы применения	Примечания
1	2	3	4
Ранне-весенний период (март, I – II декада)	Обследование растений самшита и учет зимующих стадий вредителя		Гусеницы находятся в коконах
Весенний период при СЭТ выше +9,5 °С (март I дек. – апрель, I дек.)	Осуществлять контроль за динамикой численности вредителя и применять бактериальные препараты (после регистрации) при среднесуточной температуре воздуха выше + 13 °С При температурах ниже +13 °С, осуществлять механический сбор гусениц		Нижний температурный порог эффективности бактериальных биопрепаратов + 13 °С, оптимальный +18 °С
	Битоксибациллин, П	4–8 г/л	
	Лепидоцид, СК	3–10 мл/л	
Перед началом лета имаго перезимовавшего поколения вывешивать феромонные ловушки и в последующем проводить ежемесячно замену диспенсера	Феромонный мониторинг		При СЭТ около 210 °С
Май – август Обработки при обнаружении вредителя проводятся многократно с интервалом 7 – 10 дней бонсектицидами (после регистрации препаратов)	Лепидоцид, СК	3–10 мл/л	Эффективен до 35 °С
	Битоксибациллин, П	4–8 г/л	Эффективен до 32 °С
	Фитоверм, КЭ	0,4–1,5 мл/л	Эффективен при t 22–32 °С

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
Июнь-август Против гусениц I – II поколений	Обследование растений самшита для выявления численности вредителя. Неоднократный выпуск паразитоида <i>Habrobracon hebetor</i>	Соотношение паразит хозяин 1:1	
Июнь-август Против гусениц I – II поколений	Неоднократный выпуск хищного клопа <i>Podisus maculiventris</i>	Соотношение хищник: жертва 3:1	
Осень	Фитосанитарная обрезка, удаление растительных остатков		

В основе схемы защиты лежит фитосанитарный мониторинг и сочетание комплекса методов. Разработка методов проводилась в несколько этапов, в ходе которых отработывались отдельные элементы биологической защиты самшита. Наиболее эффективно и экологически безопасно использование бактериальных инсектицидов (Лепидоцид, СК; Битоксибациллин, П), препарата Фитоверм, КЭ и энтомофагов (после регистрации препаратов). Химический метод применяется в крайней ситуации, при вспышке массового размножения вредителя. По результатам исследований могут быть применены препараты на основе фенитротииона, дельтаметрина при условии, что они разрешены для применения в декоративных насаждениях.

Агротехнический метод – санитарная обрезка, уничтожение растительных остатков. В некоторых случаях возможно прибегать к механическому методу. Так, два человека за 4 часа рабочего времени могут собрать приблизительно 800 гусениц старших возрастов, за 6 часов – 1000 гусениц младших возрастов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате многолетних исследований популяций *Cydalima perspectalis* установлено, что в парковых ценозах Крыма в течение года развиваются три поколения вредителя со средней продолжительностью не менее 40–50 суток. Выявлен один тип (личиночный), три сезонных класса (зимняя, летняя и летняя переходящая в зимнюю) и две формы (факультативная и облигатная) диапаузы. Летняя диапауза факультативная, а зимняя – облигатная. Зимуют гусеницы II – III возрастов. Развитие после зимней диапаузы происходит в начале I декады марта – I декады апреля и регулируется преимущественно температурой, несколько меньше – фотопериодом. Наличие диапауз, поливольтинность и высокая плодовитость повышают надежность системы синхронизации жизненного цикла с ритмом внешних условий и являются основой для конкретных сезонных адаптаций, что делает самшитовую огнёвку пластичным видом, способным переносить неблагоприятные условия.

Продолжительность жизни имаго *C. perspectalis* в среднем составляет около двух недель, плодовитость самок варьирует от 126 до 582 яиц. Вылет имаго самшитовой огнёвки в условиях Крыма растянут. Сумма эффективных температур, необходимая на развитие одного поколения, по годам варьирует в широком диапазоне, что обусловлено асинхронностью развития гусениц *C. perspectalis*. Самцы спариваются не более, чем с тремя самками, самки подавляюще – с одним самцом. Соотношение полов меняется по поколениям в зависимости от погодных и кормовых условий. Разнокачественность популяции в аспекте репродуктивного поведения проявляется не только в показателях плодовитости, но и в репродуктивной активности самцов, а также в соотношении полов. Поколения накладываются одно

на другое, в связи с чем, повреждения насаждений самшита *C. perspectalis* наблюдаются практически непрерывно.

Выявлено, что длительность развития и количество возрастов гусениц характеризуются значительной вариабельностью. Период пребывания в фазе гусеницы до окукливания варьирует от 18 до 29 суток, развитие гусеницы может достигать восьми возрастов. Единичные гусеницы восьмого возраста присутствуют в каждом из поколений. Самый высокий темп роста головных капсул гусениц выявлен на третьем возрасте. Максимальный процент их окукливания наблюдается на шестом возрасте, который является у *C. perspectalis* самым распространенным из старших возрастов. Выявлена гибель свежееотложенных яйцекладок при высоких температурах воздуха (36,1 °С) и низкой влажности (21%), составившая в квазиприродных условиях 25,9 %.

Выявлено, что СЭТ, позволяющие завершить жизненный цикл от яйца до имаго, а также отдельных его стадий у летнего второго поколения, отличаются стабильностью. Для завершения жизненного цикла этого поколения на ЮБК в условиях сухих субтропиков требуется в среднем 754 °С, в центральной части Предгорного Крыма в условиях сухой лесостепи – 553 °С СЭТ выше +9,5°С. Постоянство данных показателей (коэффициент вариации не превышает 5–7 %) позволяет рассматривать их в качестве инструмента для прогнозирования периода сроков обработки гусениц зимующего поколения  $G_0$  до нанесения ими сильных повреждений и индукции зимней диапаузы.

Установлено, что для завершения жизненного цикла в условиях ЮБК температурные нормы развития поколений на 80 °С выше, чем в Предгорном Крыму. При этом, температурные пороги развития гусениц перезимовавшего поколения в условиях Крыма практически не различаются и составляют 5,1–5,2 °С. Выявлено влияние температуры и фотопериода на скорость развития стадии гусениц и влажности воздуха – стадии куколки. Более благоприятным по термическим условиям для развития *C. perspectalis* в летний период является Предгорная зона по сравнению с ЮБК. Для сопоставимости результатов исследований целесообразно в расчетах СЭТ применять температурный порог +9,5 °С.

Для южных регионов России разработаны прогнозные модели начала развития гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго и появления гусениц первого летнего поколения. Полученные модели удовлетворительно описывают процесс развития вредителя на каждой стадии, объясняя от 48 до 94 % дисперсии переменной. Точность прогноза выхода гусениц из зимней диапаузы составляет 3–4 суток, лёта имаго и первого поколения гусениц – 9–10 суток. Данные модели являются полезным инструментом для улучшения борьбы с этим поливольтинным видом, способствуют внедрению эффективных стратегий управления численностью популяций фитофага, а также прогнозирования развития его поколений в условиях изменения климата.

Фенотипическая пластичность, обеспечивающая асинхронное развитие гусениц в каждом поколении, способность индукции диапаузы на нескольких стадиях личиночных возрастов при различной их уязвимости к стресс-факторам окружающей среды, возобновление развития весной непосредственно после исчезновения основных стрессоров, а не в ответ на косвенные фотопериодические сигналы, являются важными адаптивными чертами, способствующими первичному выживанию популяций *C. perspectalis* в новых условиях существования. Важной сезонной адаптацией *C. perspectalis* также является фотопериодическая модификация

температурных норм развития второго летнего поколения, способствующая снижению термолабильности и ускорению развития всех стадий жизненного цикла. Такая гибкость онтогенетических требований для перехода в диапаузу обеспечивает более высокую фенологическую изменчивость в популяциях.

В условиях Крыма *C. perspectalis* питается только растениями рода *Buxus*. В лабораторных условиях максимальное снижение массы самшита при питании гусениц *C. perspectalis* как младших, так и средних возрастов, наблюдается на *B. balearica*. Отмечена 75%-я гибель гусениц младших возрастов на *B. sempervirens*, а на *B. microphylla* – 45 %. Невзирая на разницу в показателях смертности гусениц самшитовой огнёвки, вредитель наносил повреждения *B. sempervirens*, *B. microphylla* и *B. sempervirens* 'Elegans' существенно не отличающиеся между собой.

Аборигенные энтомофаги не паразитируют на гусеницах и куколках *Cydalima perspectalis*. В лабораторных условиях определено, что использование паразитоида *Habrobracon hebetor* против гусениц *Cydalima perspectalis* в соотношении 1:1 вызывало их 100 % гибель. В результате применение хищного клопа *Podisus maculiventris*, в полевых условиях при соотношении хищник: жертва 3:1, уже на первые сутки смертность гусениц *Cydalima perspectalis* составляла 61,2 %, а на четвертые – пятые сутки – 95,0–97,5 % гусениц соответственно. Таким образом, применяемые биологические агенты могут быть использованы для регулирования популяции гусениц вредителя.

Определена эффективность биологических препаратов против самшитовой огнёвки, применение которых обеспечивает на третьи – пятые сутки гибель гусениц, как младших, так и старших возрастов. На основании полученных данных об эффективности испытуемых препаратов и энтомофагов разработана экспериментальная схема защиты насаждений самшита от *C. perspectalis* включающая агротехнические, механические, биотехнические методы.

### ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В инвазионном ареале *C. perspectalis* в Крыму при разработке защитных мероприятий рекомендуется брать за основу схему защиты, включающую агротехнические и биотехнические приемы.

Проводить фитосанитарный мониторинг динамики численности вредителя ежедекадно с марта по октябрь, включая феромонный мониторинг.

Использовать в условиях юга России разработанные фенологические модели для прогнозирования сроков начала развития гусениц *C. perspectalis* после зимней диапаузы, лёта имаго перезимовавшего поколения и появления гусениц первого поколения.

Для контроля численности *C. perspectalis* против гусениц применять биологические препараты: Лепидоцид, СК (БА-2000 ЕА/мг, титр не менее 10млрд спор/г) (3–10 мл/л воды), Битоксибациллин, П (БА-1500 ЕА/мг, титр не менее 20млрд спор/г) (4–8 г/л воды), Фитоверм, КЭ (Аверсектин С 10 г/л) (0,4–1,5 мл /л воды), с учётом температурного фактора, определяющего их эффективность и с интервалом семь – десять дней (после регистрации препаратов).

### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

#### Перечень статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Балыкина, Е.Б. Разработка феромонного препарата для выявления и мониторинга самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker / Е.Б. Балыкина, В.Э. Глебов, Д.А. Корж, Н.И. Кулакова, А.Э. Нестеренкова, В.М. Растегаева, Н.Н. Трикоз, **А.К. Шармагий** // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – Вып. 134. – С. 138–143.

2. Плугатарь, Ю.В. Эффективность биоинсектицидов против гусениц *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на Южном берегу Крыма / Ю.В. Плугатарь, **А.К. Шармагий**, В.А. Шишкин // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – Вып. 137. – С. 7–15.

3. Плугатарь, Ю.В. Биологические особенности *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) в Крыму / Ю.В. Плугатарь, **А.К. Шармагий**, Е.Б. Балыкина // Вестник защиты растений, 2020, Т. 103, № 4. – С. 247–254

4. Шармагий, А.К. Влияние температурных условий на сезонное развитие *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lepidoptera: Crambidae) в Крыму/ А.К. Шармагий, С.П. Корсакова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – Вып. 140. – С. 45-51.

#### **Входящие в международную базу данных Scopus**

5. **Sharmagiy, A.K.** Dynamics of phytophage invasions and peculiarities of their phenology in the parks of the South coast of the Crimea / **A.K. Sharmagiy**, E.B. Balykina, N.N. Trikoz, D.A. Korzh, E.V. Yatskova // International scientific and practical conference on fundamental and applied research in biology and agriculture: current issues, achievements and innovations, FARBA 2021 E3S Web of Conferences 254, 06005 (2021) Orel, 24–25 february 2021.

#### **Научные статьи в рецензируемых научных журналах и сборниках**

1. **Шармагий, А.К.** Перспективы использования энтомофагов для регулирования численности самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) в условиях Южного берега Крыма. / А.К. Шармагий // Биология растений и садоводство: теория, инновации. – 2019. – Том 153(4). – С. 58–67.

2. Балыкина, Е.Б. Эффективность инсектицидов против личинок самшитовой огнёвки (*Cydalima perspectalis* Walker) на Южном Берегу Крыма / Е.Б. Балыкина, **А.К. Шармагий** // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Т. 147. – С. 96.

3. Трикоз, Н.Н. Биологизация парковых агроценозов Крыма / Н.Н. Трикоз, Д.А. Корж, Т.С. Рыбарева, **А.К. Шармагий** // Материалы международной научно-практической конференции «Современные технологии и средства защиты растений – платформа для инновационного освоения в АПК России». Санкт-Петербург - Пушкин, 08–12 октября 2018 г. – Спб – Пушкин, 2018. – С. 156–158.

4. **Шармагий, А.К.** Вредоносность самшитовой огнёвки *Cydalima perspectalis* Walker на Южном берегу Крыма / А.К. Шармагий, Ю.В. Плугатарь // Материалы международной научно-практической конф. «Актуальные проблемы и перспективы интегрированной защиты плодовых, декоративных и лесных культур», посвящённой 100-летию отдела энтомологии, фитопатологии и защиты растений Никитского ботанического сада. Ялта, 12–16 октября 2020 г. – Симферополь, 2020. – С. 49–51.

5. **Шармагий, А.К.** Влияние климатических условий на развитие *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) на Южном берегу Крыма / А.К. Шармагий // Материалы X международной научно-практической конф. «Защита растений от вредных организмов». Краснодар, 21–25 июня 2021 г. – Краснодар, 2021. – С. 417–418.

*Научное издание*

Шармагий Александр Константинович

**БИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ САМШИТОВОЙ ОГНЁВКИ *CYDALIMA  
PERSPECTALIS* (WALKER, 1859) В КРЫМУ И ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ  
ЕЁ ЧИСЛЕННОСТЬ**

1.5.15 – Экология (биологические науки)

4.1.3 – Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений  
(биологические науки)

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук